

Kraftmesslager

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Wälzlager mit angeordneten Sensoren, mit denen die aktuelle Belastung des Wälzlagers ermittelt werden kann.

In der US 5,952,578 sind solche Kraftmesslager beschrieben. In der Figur 10b dieser Schrift ist dargestellt, wie bei einem Kegelrollenlager, die von den Sensoren gemessene Kraft (Materialdehnung) in Radialkräfte und Axialkräfte aufgeteilt wird. Das Problem dieser Lösung besteht darin, dass zur Zerlegung der Kräfte in Radial- und Axialkräfte der Laufbahnwinkel konstant sein muss. Für Wälzlager mit gekrümmten Laufbahnen, wie z. B. Rillenkugellager ist das beschriebene Verfahren nicht anwendbar, um die auf das Wälzlager wirkenden Axial- oder Radialkräfte mit Sensoren, die gegenüber den Laufbahnen angeordnet sind, zu ermitteln.

Aufgabe der Erfindung

Es besteht also die Aufgabe, eine Sensoranordnung für Wälzlager mit gekrümmten Laufbahnen aufzuzeigen, bei denen sich die gemessenen Kräfte eindeutig in Axial- und Radialkräfte zerlegen lassen.

Beschreibung der Erfindung

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst.

Der Kern der Erfindung besteht darin, dass Sensoren (z. B. DMS – Sensoren) am Außendurchmesser des Außenringes bzw. am Innendurchmesser des Innenringes angeordnet werden, die bei Belastung (Hertz'sche Pressung) der Ringe durch die Wälzkörper je nach axialer Lage in den Laufbahnen des Wälzlagers unterschiedlich lange Zeitsignale erzeugen. Die unterschiedlich langen Signale werden dadurch er-

zeugt, dass die Länge zweier benachbarter in Umfangsrichtung liegender Leiterbahnabschnitte des DMS - Sensors variiert. Die unterschiedlich langen Zeitsignale bei Belastung sind also proportional zum Kontaktwinkel der Wälzkörper in der Laufbahn der Wälzlagerringe. Bei dieser Anordnung der DMS - Sensoren wird der Effekt genutzt, dass bei Wälzlagern mit gekrümmten Laufbahnen die Wälzkörper bei einer kombinierten Radial - Axialbelastung aus dem Laufbahngrund sich heraus bewegen und eine neue Gleichgewichtslage außerhalb des Laufbahngrundes einnehmen. Je höher die Axialbelastung wird, desto weiter weicht der Wälzkörper aus dem Laufbahngrund Richtung Seitenfläche des Wälzlagers. Damit verschiebt sich auch die Druckellipse zwischen Wälzlagerring und Wälzkörper in axialer Richtung. Die Druckellipse führt auch zu einer Längenveränderung in Umfangsrichtung im Material des Wälzlagerringes. Die Sensoren, die in axialer Richtung unterschiedlich breit sind, erfassen somit die Längenveränderung im Material - beim Durchrollen des Wälzkörpers - unterschiedlich lang. Die Länge der Belastung eines Sensors kann über die Kenntnis der Geometrie des Wälzlagers in radiale und axiale Kräfte umgerechnet werden.

Da die Belastungsdauer eines Sensors auch von der Drehzahl des Wälzlagers abhängig ist, wird über den Zeitabstand, den zwei benachbarte Wälzkörper benötigen, um einen Sensor zu belasten, die Drehzahl ermittelt.

Der Vorteil von Anspruch 3 besteht darin, dass bei dieser Anordnung handelsübliche rechteckige DMS - Sensoren eingesetzt werden können.

Beschreibung der Figuren

Die Erfindung wird anhand von 6 Figuren beschrieben.

In der Figur 1 wird ein Wälzlager mit gekrümmten Laufbahnen (hier ein Rillenkugellager) dargestellt. Der Wälzkörper 1 ist zwischen den beiden Laufringen 2 und 3 angeordnet. In dieser Darstellung befindet sich der Wälzkörper genau in der mittleren Lage des Wälzlagers. Bei Belastung wandert dieser Wälzkörper in axialer Richtung zur Seitenfläche 2a oder 2b des Wälzlagers, wobei dies von der Krafrichtung der axialen Kräfte abhängt. Die Sensoren 4 sind in diesem Beispiel in einer Nut 5 am Außenring 2 angeordnet. Nicht dargestellt ist die analoge Anordnung der Sensoren 4 in einer Nut am Innenring 3.

Die Figuren 2 bis Figur 5 zeigen spezielle Sensoranordnungen, die in der Nut 4 am Außenring 2 und/oder am Innenring 3 angeordnet sind. Um die Anordnung der Sensoren besser zu erkennen, sind die Wälzlagerringe abgewickelt dargestellt. Die Sensoren 4 sind hier in der bevorzugten Ausführungsform eines Dehnungsmess-Streifens in trapezförmiger Anordnung dargestellt. Die Leiterbahnabschnitte des DMS-Sensors 4a bzw. 4b sind in axialer Richtung 6 unterschiedlich lang ausgeführt. Aus dieser Darstellung wird sofort deutlich, dass ein Wälzkörper, der sich in axialer Richtung 6 aus dem Laufbahngrund heraus sich bewegt, die Sensoren 4 unterschiedlich lang (zeitlich) belastet. Die Länge des Zeitsignals eines Sensors ist somit proportional zur Winkellage des Wälzkörpers 1 in den Wälzlagerringen 2 oder 3. Da die Sensoren 4 normalerweise zu Wheatstone -Brücken verschaltet werden, ist die Dauer des Ausgangssignals der Wheatstone - Brücke somit proportional zum Kontaktwinkel des Wälzkörpers 1 in der Laufbahn der Wälzlagerringe 2 oder 3. Eine bevorzugte Ausführungsform stellt hierbei die Anordnung der DMS – Sensoren in einem Abstand im Wälzlagerring dar, der dem halben Abstand zweier benachbarter Wälzkörper entspricht.

In der Fig. 2b sind die Ausgangssignale der Wheatstone – Brücke für den Fall dargestellt, dass der Wälzkörper im Bereich der kurzen Leiterbahnabschnitte 4a unter dem DMS - Sensor hindurchrollt. Die Lage der unter den Sensoren hindurchrollenden Wälzkörper ist mit dem Pfeil 10 gekennzeichnet. Die Periodendauer 8a der Signale ist entsprechend kurz.

In der Fig. 2c sind die Ausgangssignale der Wheatstone – Brücke für den Fall dargestellt, dass der Wälzkörper im Bereich der langen Leiterbahnabschnitte unter dem DMS - Sensor hindurchrollt. Die Lage der unter den Sensoren hindurchrollenden Wälzkörper ist mit dem Pfeil 11 gekennzeichnet. Die Periodendauer 8b der Signale ist entsprechend lang. Die Periodendauer ist bei bekannter Drehzahl des Wälzlagers also proportional zur Winkellage der Wälzkörper in der Laufbahn.

Bei der Sensoranordnung in der Figur 3 wird die Winkellage der Wälzkörper in der Laufbahn durch eine Mittelwertbildung der langen und kurzen Periodendauer im Ausgangssignal der Wheatstone - Brücke ermittelt. In der Figur 3a ist das Ausgangssignal der Wheatstone – Brücke dargestellt. Die abwechselnde Periodendauer 8c ist gekennzeichnet.

Bei den Sensoranordnungen in der Figur 4 und 5 ist der Zeitabstand zwischen dem Belasten zweier benachbarten Sensoren 4c, 4d proportional zur Winkellage des Wälzkörpers 1 in den Laufbahnen 2c, 3c der Wälzlagerringe 2 oder 3. Die Figuren 4 und 5 unterscheiden sich durch unterschiedlich orientierte Leiterbahnabschnitte in den Sensoren (DMS-Sensoren) 4c und 4d. Nicht dargestellt ist der vergleichbare Fall mit Einsatz handelsüblicher DMS-Sensoren mit rechtwinkliger Grundfläche.

In der Figur 6 ist ein Ausschnitt des Wälzlagerringes mit den Sensoren 4 dargestellt. Der Wälzkörper 1 ist in unterschiedlichen Lagen in der Laufbahn gezeichnet. Das vom Sensor 4 (eines Sensors der Wheatstone - Brücke) ermittelte Signal ist unterhalb des Ausschnittes des Wälzlagerringes abgebildet. An der Ordinate des Koordinatensystems ist die Widerstandsänderung ($\Delta R/R$) im Sensor 4 und an der Abszisse ist die Zeit (t) aufgeführt. Die unterschiedliche Periodendauer 8 in Abhängigkeit von dem Kontaktwinkel der Wälzkörper in der Laufbahn der Wälzlagerringe wird in dieser Darstellung deutlich. Die Höhe des Signals 9 ist proportional zur Belastung des Wälzlagerringes.

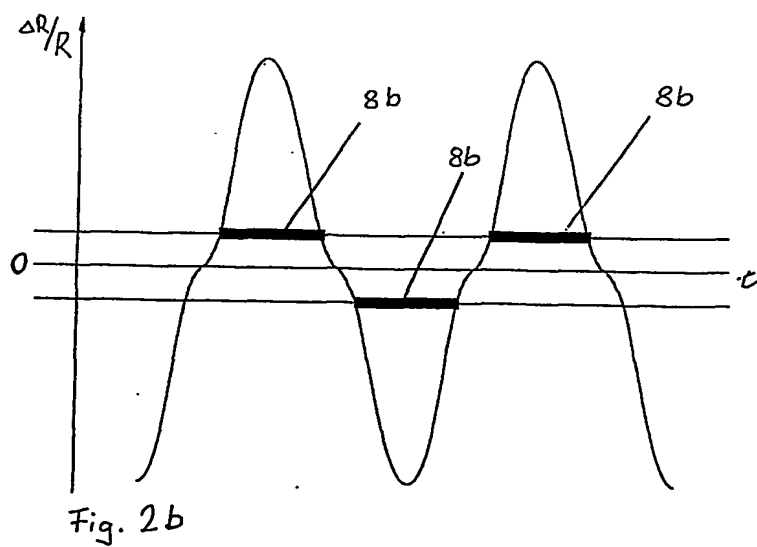
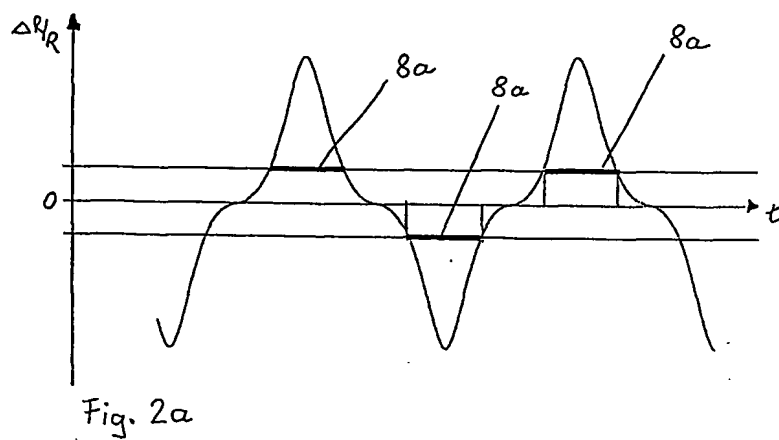
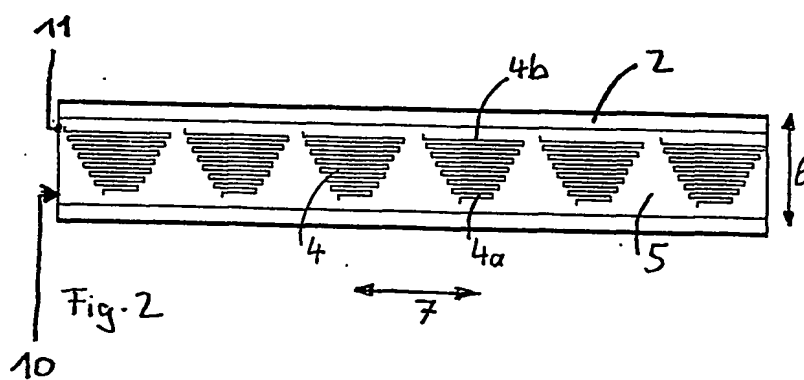
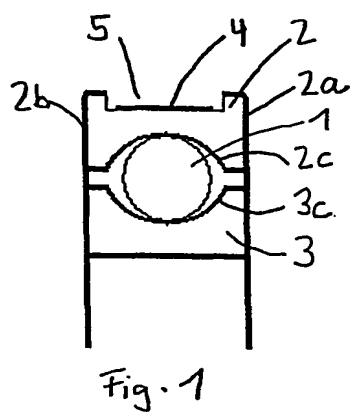
Bezugszeichenliste

- 1 Wälzkörper
- 2 Außenring
- 2a, 2b Seitenfläche des Außenringes
- 2c Laufbahn des Außenringes
- 3 Innenring
- 3c Laufbahn des Innenringes
- 4 Sensoren
- 4a, 4b unterschiedlich lange Leiterbahnen des Sensors
- 4c, 4d Sensoren gleicher Breite
- 5 Nut im Außen- oder Innenring
- 6 axiale Richtung des Wälzlagers
- 7 Umfangsrichtung des Außen- oder Innenringes
- 8 Periodendauer des Signals
- 8a Kurze Periodendauer des Signals
- 8b Lange Periodendauer des Signals
- 8c Kurze und lange Periodendauer aufeinanderfolgend im Signal der Wheatstone - Brücke
- 9 entspricht der Dehnung des Materials und ist proportional zur Höhe der Belastung des Wälzlagerringes
- 10, 11 Lage der unter dem Sensor hindurchrollenden Wälzkörper

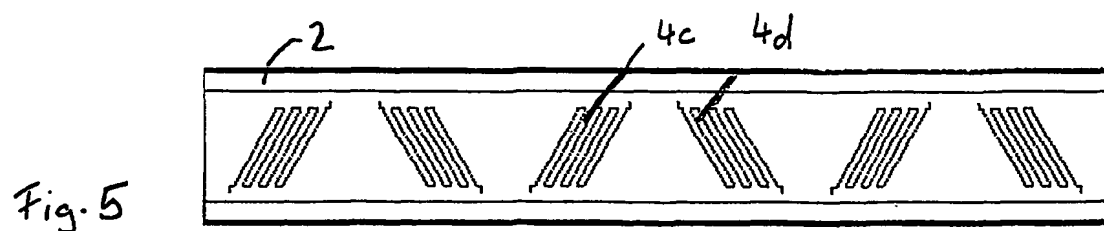
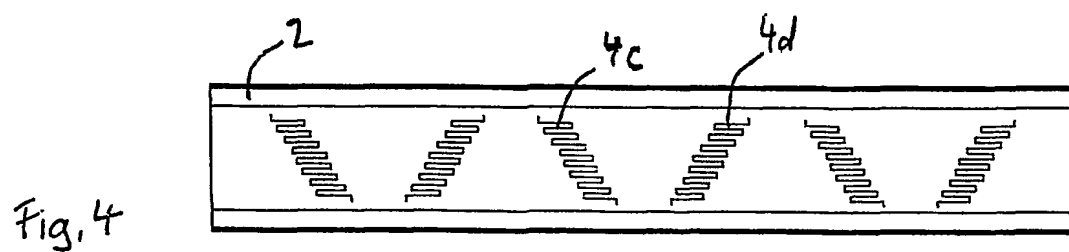
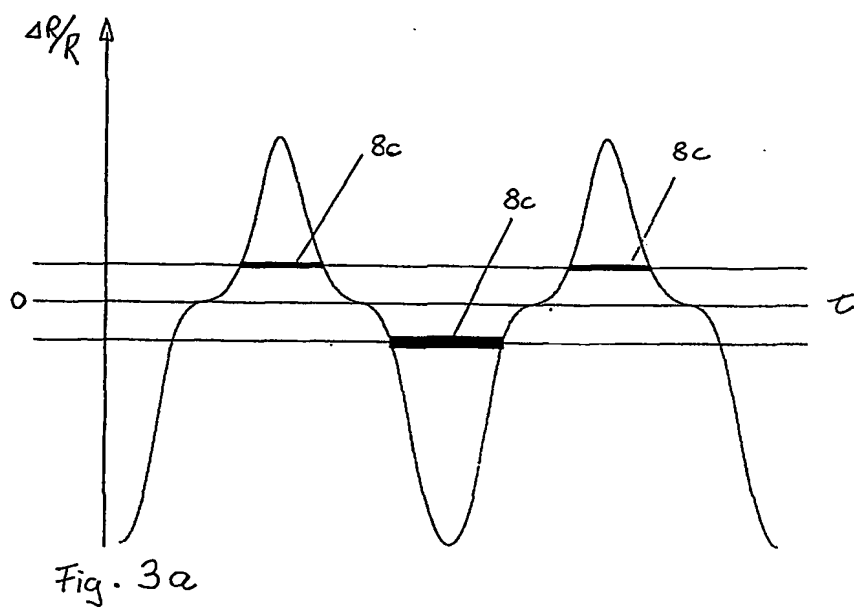
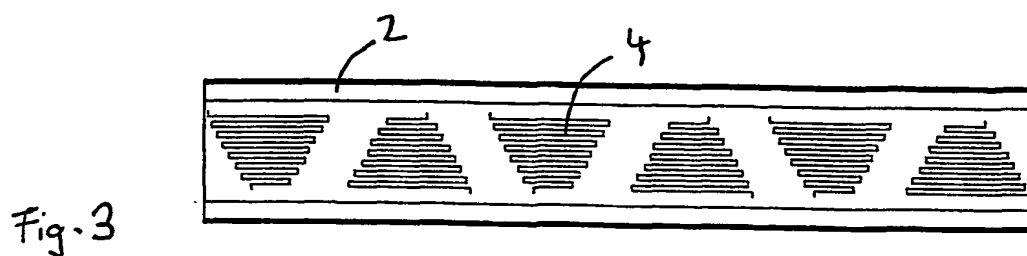
Kraftmesslager

Ansprüche

- 1 Wälzlager mit gekrümmten Laufbahnen (2c, 3c) und dazwischen angeordneten Wälzkörpern (1) und DMS - Sensoren (4), die in einer Nut (5) am Außendurchmesser des Außenrings (2) und / oder am Innendurchmesser des Innenrings (3) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Länge zweier benachbarter Leiterbahnabschnitte des DMS - Sensors variiert.
- 2 Wälzlager mit gekrümmter Laufbahn nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die benachbarten Leiterbahnabschnitte so angeordnet sind, dass der DMS - Sensoren (4) trapezförmig ausgeführt sind.
- 3 Wälzlager mit gekrümmten Laufbahnen (2c, 3c) und dazwischen angeordneten Wälzkörpern (1) und Sensoren (4), die in einer Nut (5) am Außendurchmesser des Außenrings (2) oder Innendurchmesser des Innenrings (3) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand zwischen zwei benachbarten Sensoren (4c, 4d) in axialer Richtung (6) variiert.



BEST AVAILABLE COPY



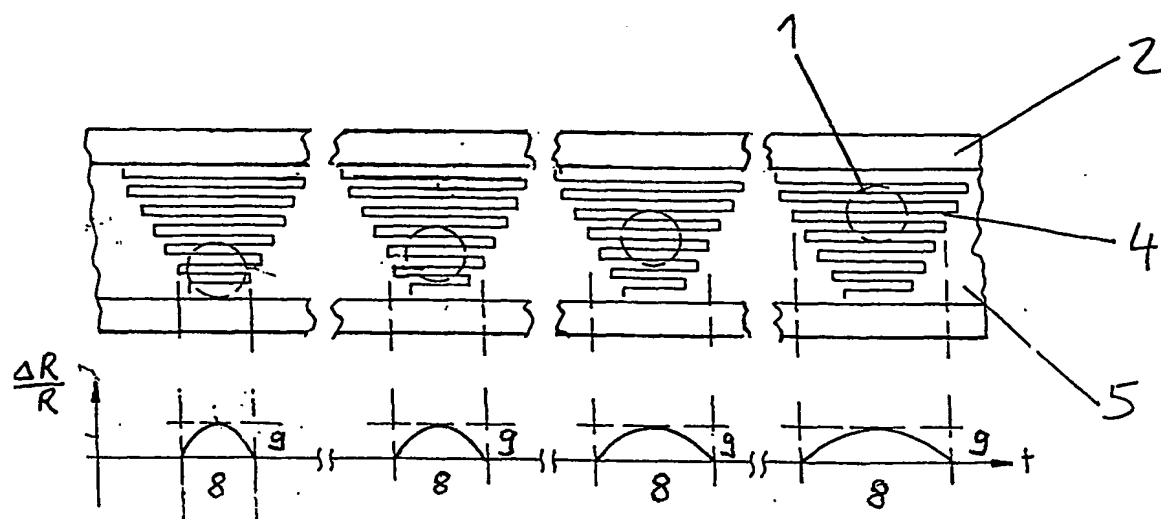


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 03/03829

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01L5/00 G01M13/04		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01L G01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 203 319 A (LECHLER GERHARD B) 20 May 1980 (1980-05-20) abstract; figure 1 -----	1-3
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 5 April 2004		Date of mailing of the international search report 15/04/2004
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Zafiropoulos, N

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/03829

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4203319	A	20-05-1980 DE 2746937 A1	19-04-1979

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2004)

BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/03829

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01L5/00 G01M13/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01L G01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 203 319 A (LECHLER GERHARD B) 20. Mai 1980 (1980-05-20) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-3

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. April 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

15/04/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zafiropoulos, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/03829

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4203319 A	20-05-1980	DE 2746937 A1	19-04-1979

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (Januar 2004)

BEST AVAILABLE COPY